



TITLE:

Precise Fish Volume Estimation Using Underwater Helmholtz Resonance(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Njane, Stephen Njehia

CITATION:

Njane, Stephen Njehia. Precise Fish Volume Estimation Using Underwater Helmholtz Resonance. 京都大学, 2019, 博士(農学)

ISSUE DATE:

2019-09-24

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k22076>

RIGHT:

許諾条件により本文は2020-10-01に公開; 学位規則第9条第2項により要約公開

(続紙 1)

京都大学	博士（農学）	氏名	Njane Stephen Njehia
論文題目	Precise Fish Volume Estimation Using Underwater Helmholtz Resonance (水中ヘルムホルツ共鳴を用いた魚体積の精密推定)		
(論文内容の要旨)			
<p>世界人口は2050年までに90億人を超えると予想されており、そのための食料生産は重要な課題である。また、天然資源による安定供給や増産は、気候変動の影響により、ますます難しい状況にある。そのような中、水産養殖の生産量は急速な増加の一途を辿っており、今後も増産が見込まれる。しかし、水産業は農業よりも情報化が遅れており、現在でも過剰な飼料が環境悪化に影響を与え、生産者にとっては非効率な給餌を行うところも多く、問題を抱えている。水産業で情報化が難しい理由は、水中で精密に計測する技術が確立されていないためである。</p> <p>当研究グループでは、これまでにヘルムホルツ共鳴現象を利用した農産物の体積計測技術の開発を継続して行っており、2011年には水中でヘルムホルツ共鳴現象を利用した魚の体積推定の可能性を明らかにした。ヘルムホルツ共鳴はすでに農産物の体積計測や品質評価などで利用されているものの、これを魚の養殖等に利用する際には、共鳴器内に魚が入り出できる開口部が必要となる。しかし、水中において開口部を有したヘルムホルツ共鳴器による体積推定の原理は構築されていない。本研究は、この開口部を有する水中ヘルムホルツ共鳴による魚の体積推定技術について、理論的裏づけと実験を行ったものである。</p> <p>本論文は6章から構成され、第1章では研究背景および魚の体積計測に関する先行研究を整理すると共に、これまでに検討されてきた水中での閉鎖型ヘルムホルツ共鳴器による体積推定の原理について記した後、研究目的が述べられている。</p> <p>第2章では開口部を有した共鳴器を作製し、ガラス玉や空気泡のモデルサンプルを用いて共鳴周波数と試料体積との関係を調べた。その結果、周りの水の密度より高い密度を有する試料の場合、共鳴周波数は体積増加に伴い高く変化し、低い密度を有する場合は共鳴周波数が体積減少に伴い低くなるという閉鎖系の共鳴器と同様の变化となった。一方、水中で魚を共鳴器に入れたところ、魚の体積増加に伴い共鳴周波数は急激に低くなった。これは、主として浮き袋内の空気の影響によるものであることを実験で明らかにした。</p> <p>第2章では用いたポンプからの流水をエッジに当てて音波を発生させるウォータージェット法を採用したが、この方法はポンプの脈動による影響および水流自身が共鳴器内の魚にダメージを与える可能性が示唆された。そこで、第3章ではスピーカーを取り付けたダブルキャビティ型のヘルムホルツ共鳴器を提案し、その試作及び性能評価を行った。スピーカーからスイープ音（100-10 kHz）を生成し、インピーダンス法を利用して共鳴周波数を計測したところ、実際よりも大きな体積として見積もられる結果を得た。この結果は共鳴器のたわみを考慮していないことが原因であることを明らかにし、新たに共鳴器の剛性を考慮に入れた関係式を構築したところ、モデルサンプルの体積の推定結果では、決定係数（R^2）0.99を得た。</p> <p>第4章では実際の魚を使ってこの共鳴器で体積推定を行ったところ、体積増大に伴い共鳴周波数が低下するという負の相関を示した。これは材質の異なる共鳴器でも同様の結果となった。そこで、メダカ（<i>Oryzias latipes</i>）とウグイ（<i>Tribolodon hakonensis</i>）を解剖し、各部位が測定結果に与える影響を調べたところ、骨や身の体積も共鳴周波数と負の相関を示した。また、最も顕著に負の相関を示した部位は浮き袋であった。そこで魚の体積と浮き袋の体積の関係を調べ、それらによる補正と、共鳴器のたわみの影響を考慮したところ、両方の魚の体積推定共に、決定係数0.95以上の精度を得た。</p> <p>第5章ではこれまでに得た知見を元に、実践的な応用例として、生簀全体を共鳴器</p>			

と想定して生簀中の魚の総体積を計測するため、まず共鳴器内の全ての魚の体積を一回の共鳴で推定する実験を行った。魚が泳ぐ水槽全体を共鳴させるため、水槽の側面にスピーカーと共鳴発生部を配置し、4.91 Lの水槽にウグイ (*Tribolon hakonensis*) を供試して実験を行った。その際、スイープ波は100~500 Hzで生成し、信号の二次微分処理を経て共鳴周波数を調べた。ウグイは浮き袋を有しており、水よりも小さな体積弾性率であることから、その総体積の増加に対して共鳴周波数は低下し、決定係数0.98の精度で水槽中のウグイの総体積が計測できた。

第6章では各章の総括をすると共に、本技術の養殖現場での実用可能性について検討している。さらに、魚の品質向上のための飼料供給を最適化することは、水中環境の改善による魚の異常や疾病罹患率を減少させ、データベースに基づく正確な成長モデルの構築および精密水産の実現に貢献できると締めくくっている。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

本研究は環境負荷の少ない効率的給餌システムを有する精密養殖を目指し、水中で魚等の体積計測が可能なヘルムホルツ共鳴器を開発すると同時に、その動作原理を実験的に明らかにしたものである。本論文はウォータージェット方式から脱却し、スピーカーで簡便に共鳴させた開口部を有する共鳴器、ならびに魚の部位の密度特性等も詳細に検討した内容であり、評価できる点は以下の通りである。

1. スピーカーを用いたダブルキャビティ型のヘルムホルツ共鳴器を提案すると共に、体積計測において共鳴器自身のたわみの影響を考慮し、共鳴器内のサンプルの体積をその密度に合わせて高い精度で計測できる技術を構築した。
2. 共鳴周波数と魚の体積に対する負の相関の主たる原因が魚の浮き袋にあり、サンプルの体積弾性率が計測結果に影響を与えることを示すと共に、魚の体積を高い精度で推定することに成功し、その原理の定式化を行った。
3. 陸上養殖等で有効と考えられる共鳴器内の全ての魚の体積を推定可能な共鳴器を試作し、高い精度で総体積計測に成功した。

以上のように、本論文は水中でヘルムホルツ共鳴を利用して魚の体積計測を行ったもので、共鳴の基本原理、対象物の特性等、様々な要因の関係を見出した内容であることより、水産業の情報化に関して大きな貢献が期待される。このことから生物センシング工学、フィールドロボティクス、農業システム工学の発展に寄与するところが多い。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、令和元年8月22日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することと支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）